

BIT 设计与发展综述

董今朝, 谢永成, 李光升, 魏宁
(装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072)

摘要: 机内测试 BIT (Built-In Test) 是一种能显著提高系统测试性和诊断能力的重要技术, 是实现可测试性设计的重要手段之一。介绍了机内测试技术的定义、特点、分类、设计内容以及设计流程等, 详细阐述了机内测试技术的发展历程, 并对测试性技术的新趋势进行了探讨和展望。

关键词: 机内测试; 测试性; 虚警

中图分类号: TN06

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)21-0004-03

Study of built-in test

Dong Jinzhao, Xie Yongcheng, Li Guangsheng, Wei Ning

(Department of Control Engineering, Academy of Armored Forced Engineering, Beijing, 100072, China)

Abstract: The built-in test (BIT) is an important technology that can greatly improve the testability and diagnosis capability of the system, and it is one of the most important methods in testability design. this article introduces the definition, characteristic, classify, design contents and design flow of the BIT. Then, the achievements and development trends of BIT are reviewed in detail. Finally, the new trends of testability are discussed.

Key words: built-in test; testability; false alarm

随着武器装备性能的日益提高以及信息技术飞速发展的需求, 测试性越来越受到人们的重视。机内测试 BIT (Built-in Test) 是系统和设备内部提供的检测、隔离故障的自动测试能力, 是复杂系统或设备整体设计、分系统设计、状态监测、故障诊断和维修决策等方面的关键共性技术, 同时也是改善装备系统或设备测试性与诊断能力的重要手段^[1-3]。然而, 常规 BIT 应用中存在故障诊断能力差、虚警率高、不能隔离间歇故障, 达不到系统的原有设计要求, 严重降低了 BIT 诊断检测结果的可信度, 大大影响了使用及维修人员对 BIT 的信任, 阻碍了 BIT 效能的充分发挥和更广泛、更深入的应用^[1]。因此, 国内外学者提出了许多方法来解决常规 BIT 存在的不足, 其中以神经网络、专家系统、模糊理论、信息融合等在内的智能理论和方法应用到 BIT 的设计、检测、诊断、决策等方面而产生的智能 BIT 技术最为有效。目前, 对机内测试的研究多集中在具体的 BIT 设计^[4-8]及降低虚警技术^[9-11]等方面。

1 机内测试概述

美军标 MIL-STD-1309C 对机内测试 (BIT) 的定义

如下^[11,12]:

定义 1: BIT 是指系统和设备内部提供的检测、隔离故障的自动测试能力。

定义 2: BIT 是指系统主装备不用外部测试设备就能完成对系统、分系统或设备的功能检查、故障诊断与隔离以及性能测试, 它是联机检测技术的新发展。

BIT 的特点: 可快速故障诊断, 减少故障检测时间, 提高检测效率; 减少人为诱发的故障; 减少测试维修人员的数量和降低技术等级的要求; 减少保障设备、通用测试设备等的要求; 通过多层分布式设计, 可以对系统、模块、芯片级实施测试、检测和故障诊断; BIT 能够检测隐蔽故障, 提高系统的任务可靠度。

常用的 BIT 设计技术有很多, 按实现手段的不同可分为扫描技术、环绕技术、模拟技术、并行技术、特征分析技术等; 按被测对象的不同又可分为 RAM 测试技术、ROM 测试技术、CPU 测试技术、A/D 和 D/A 测试技术、机电部件测试技术等。其中较常用的一种分类方式是将 BIT 设计技术分为数字 BIT、模拟 BIT、环绕 BIT 和冗余 BIT 等技术^[13]。

综述与评论

Review and Comment

2 机内测试设计内容及设计流程^[13]

BIT 设计内容分为机内测试系统 (BITS) 总体设计、中央管理器设计、单元 BIT 设计三大部分,如图 1 所示。

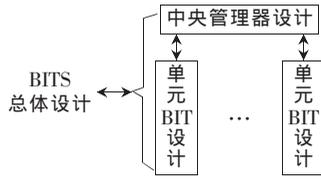


图 1 BIT 设计三大部分关系

BITS 总体设计是指从整个系统的角度,考虑总体的功能、工作模式、结构布局和信息处理等方面的设计;中央管理器是对 BITS 中的多个成品 BIT 进行综合管理,实际应用的中央管理器常分解为多个不同级别的测试管理器进行设计;单元 BIT 设计泛指中央管理器之外的各级 BIT 详细设计。

各设计部分包含的设计内容如表 1 所示。

表 1 机内测试设计内容

设计内容	分类		
	BITS 总体设计	测试管理器设计	单元 BIT 设计
测试对象分析	×	×	√
功能设计	√	√	√
工作模式设计	√	√	√
结构布局设计	√	△	×
测试流程设计	×	×	√
诊断策略设计	×	√	√
软/硬件设计	×	√	√
防虚警设计	×	×	√
信息处理设计	√	△	△

注:√——适用;△——有选择的应用;×——不适用

在明确 BIT 设计的定性和定量要求基础上,根据表 1 所列的各类设计的设计内容,进行 BITS 总体设计、测试管理器设计和单元 BIT 设计,设计流程如图 2 所示。

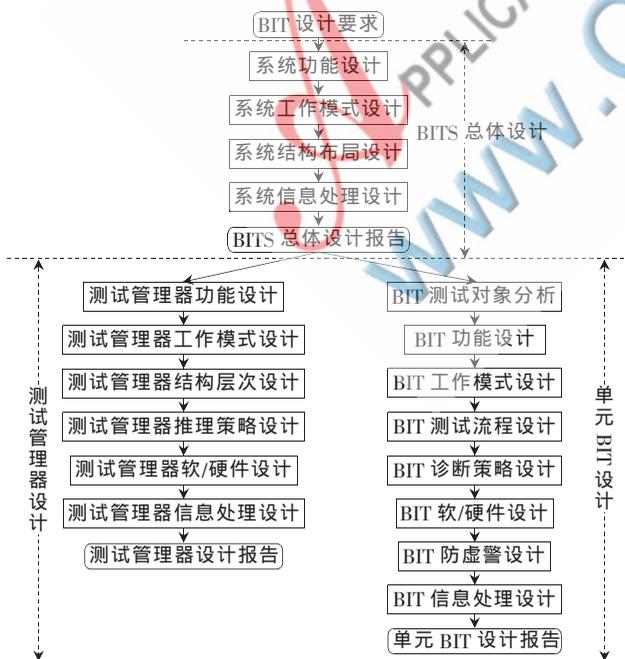


图 2 BIT 设计流程

3 机内测试技术的发展历程

机内测试技术的发展过程可归纳为如下 5 个阶段^[12-14]:

第 1 阶段:20 世纪 60 年代,机内测试处于萌芽阶段。此时,机内测试只是监测几个主要参数,由人工判断是否故障,更不能隔离故障。如 60 年代初装备 F-4B 飞机的火控雷达 APG-72,其发射机中配置 BIT 电路可以监测发射机工作时间、工作电压、磁控管电源、混频管电流等参数,由操作员启动测试和判定测试结果。故障隔离则须由外部测试设备来完成。

第 2 阶段:70 年代初期,机内测试的基本功能定位进入到了成型阶段。在参数监测的基础上,增加了自动故障检测和故障隔离功能。此时的 BIT 主要应用在航空航天和军事领域。如民用航空领域的波音 727、波音 737 经典型、麦道 80 等飞机均配置了模拟系统的 BIT,提供座舱的可见指示(报警灯、标尺红线)以及按键测试和 GO/NOGO 测试。在军事领域,1974 年装备 F-15 飞机的 APG-63 多功能雷达,其 BIT 可进行连续监测、置信水平测试、状态评定和故障隔离测试。

第 3 阶段:从 70 年代中后期到 80 年代中期,机内测试得到了大范围的推广应用,并向中央测试系统发展,形成了中央测试系统的雏形。如 70 年代后期研制、80 年代初期开始服役的 F/A-18 飞机,其 80% 的电子设备和系统都设计有 BIT 功能,而且具有较高的故障检测与隔离能力。在民用航空领域,如波音 757、波音 767、麦道 90、空客 320 等飞机普遍采用数字化技术,外场可更换单元(LRU)具有前面板提供 BIT 交互(如按键和简单的显示)能力,并进一步提供多个 LRU 共用的中央显示面板。

第 4 阶段:从 80 年代后期到 90 年代中期,利用综合诊断、智能技术对诊断技术进行改良,以提高诊断能力、降低虚警。同时,将中央显示接口升级为中央维护模块,将故障与维修手册进行关联,连同成员系统 BITE,形成了成熟的中央测试系统。进行诊断方法和技术改良的主要原因是 F-15、F-16、F/A-18 等飞机的机内测试普遍存在着故障检测隔离能力低、虚警率高、诊断效率较低等问题。为此,在 F/A-18E/F、C-17 运输机、B-2 隐形轰炸机、V-22 直升机、F-22 战机等飞机的研制中,大量应用了综合诊断、人工智能技术对 BIT 进行改良。在民用航空领域,如波音 747-400、麦道 11 等飞机开始采用联邦式航空电子系统,并利用中央维护计算机(CMC)实现对所有成员系统 BIT 的综合控制。

第 5 阶段:从 90 年代后期到 21 世纪初期,是机内测试发展的重要阶段。在民用航空领域,中央测试系统在成员系统 BIT、中央维护功能的基础上,进一步综合状态监控功能。如波音 787 飞机在借鉴波音 777 飞机的 CMC 以及 Honeywell 飞机诊断和维修系统的基础上建立了飞机信息与维护系统,该系统可以执行机上的实时数据收集、故障处理和显示,执行根原因分析以消除级联

综述与评论 Review and Comment

故障,执行飞行面板效应与系统故障的关联,通过网络传送数据到地面维护系统,扩展诊断和预测分析,提供所有成员系统的单点访问等。在军用航空领域,以 F-35 战斗机为标志,在故障预测与健康管理 PHM (Prognostics and Health Management) 思想的牵引下,中央测试系统转变为机上的 PHM 系统。该系统包括 BIT、系统/分系统 PHM 区域管理器、飞机 PHM 管理等,提供数据采集、增强诊断、故障预测和维修决策等综合的健康管理能力。

4 测试性技术的新趋势

目前 BIT 的发展新趋势主要有:智能 BIT、综合诊断和预测与健康管理的 PHM 等。BIT 智能化主要解决了传统 BIT 在最优设计、信息获取、分析处理、综合决策等方面的不足,提高了整机故障诊断能力,降低了系统虚警率。目前研究和应用中的智能 BIT 技术主要包括:灵巧 BIT、自适应 BIT、基于时间应力测量的增强 BIT 等;综合诊断是指通过考虑和综合测试性、自动和人工测试、维修辅助手段、技术信息、人员和培训等构成诊断能力的所有要素,使武器装备的诊断效能达到最佳的一种结构化过程,是实现经济有效地检测和无模糊隔离武器系统及设备中所有已知的或可能发生的故障以满足武器系统任务要求的手段^[13];PHM 系统是近年来提出的集故障诊断、故障预测和健康管理能力于一体的新型综合系统,它是实现装备自主维修以及维修智能化的重要手段,在保证装备战备完好性、提高维修效率、节约维护费用等方面起着重要的作用^[14]。

目前许多新型装备都开始采用新型测试技术来提高装备的测试性、维修性和可靠性,但在具体应用中还存在许多问题困扰着装备的研制和维护,迫切需要深入研究智能测试理论和方法,解决测试中存在的各种问题^[15]。国内外的研究和应用表明,设备的 BIT 系统在振动、冲击、温湿度、暂态电压以及压力变化等诸多时间应力因素的作用下,容易造成故障的“误报”或“假报”现象。这些“误报”或“假报”通常被定义为 BIT 系统的虚警。因此,时间应力信息是 BIT 降虚警的重要信息源,如果将获取的时间应力数据与 BIT 数据结合起来进行关联分析,并采取必要的方法对 BIT 虚警进行识别,可以提高 BIT 故障检测与隔离的准确性,减少虚警^[11]。

参考文献

[1] 温熙森,徐永成,易晓山,等.智能机内测试理论与应用[M].北京:国防工业出版社,2002.

- [2] 张超,马存宝,宋东,等.智能机内测试研究综述[J].计算机测量与控制,2007,15(2):141-144,181.
- [3] 陈希祥,邱静,刘冠军.装备系统 BIT 权衡分析与选择技术研究[J].仪器仪表学报,2011,32(9):2079-2086.
- [4] 胡彭伟,杨福兴,何玉珠.电子设备自动化测试系统的环绕 BIT 设计[J].电子测量技术,2009,32(12):137-140.
- [5] 杨文涛,张小林,吴建军.无人机电源机内测试系统的设计与实现[J].计算机测量与控制,2010,18(7):1509-1511.
- [6] 刘正升,蒋志忠,杨日杰.测试领域新技术的发展及应用[J].国外电子测量技术,2009,28(1):16-19.
- [7] DIETMAR K, ROMAN A, ROBERT W. Analysis of a built-in test architecture for direct-conversion SiGe millimeter-wave receiver frontends [C].2010 IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference Proceedings,2010,5:944-948.
- [8] 赵建民,师奕兵,王志刚.片上网络 FIFOs 的内建自测试方法研究[J].仪器仪表学报,2009,30(8):1768-1772.
- [9] 姜云春,邱静,刘冠军.一种降低 BIT 虚警的优化方法[J].仪器仪表学报,2006,27(10):1313-1317.
- [10] 田心宇,张小林,吴海涛,等.机载计算机 BIT 虚警及解决策略研究[J].西北工业大学学报,2011,29(3):400-404.
- [11] 吕克洪.基于时间应力分析的 BIT 降虚警与故障预测技术研究[D].长沙:国防科学技术大学,2008.
- [12] 王勇.机内测试技术的发展与应用[J].飞航导弹,2011(2):24-27.
- [13] 石君友,田仲,侯文魁,等.测试性设计分析与验证[M].北京:国防工业出版社,2011.
- [14] 刘少伟,郑文荣.BIT 技术发展与应用研究[J].理论与方法,2011,30(5):23-25,28.
- [15] 王志颖.复杂装备智能机内测试技术研究[D].成都:电子科技大学,2010.

(收稿日期:2012-07-12)

作者简介:

董今朝,男,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:检测技术与自动化装置。

谢永成,男,1964年生,教授,主要研究方向:检测技术与自动化装置,武器系统与运用工程。

李光升,男,1972年生,副教授,主要研究方向:电力电子与电力传动的研究与教学工作。